



Anejo nº 9

## **ESTUDIO DE SOLUCIONES**

AMPLIACIÓN SUR DEL PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE  
ALCANAR



## Índice

1. Anejo 9-A: Estudio de soluciones. Planta	3
2. Anejo 9-B: Estudio de soluciones. Diques	19
3. Anejo 9-C: Estudio de soluciones. Muelles	33
4. Anejo 9-D: Estudio de soluciones. Pantalanes	49



Anejo nº 9-A

## **ESTUDIO DE SOLUCIONES. PLANTA**

AMPLIACIÓN SUR DE PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE  
ALCANAR

Autor: Parte común

## Índice

1. Introducción	5
2. Criterios de dimensionamiento	6
3. Planteamiento de soluciones	7
3.1. Opciones contempladas	7
3.1.1. Bocetos	7
3.1.2. Alternativa 1	10
3.1.3. Alternativa 2	13
4. Justificación de la solución adoptada	16
4.1. Análisis de las alternativas	16
4.2. Coeficientes de ponderación	16
4.3. Comparación de las soluciones	17

## Índice de imágenes

1. Imagen 1: Boceto 1	7
2. Imagen 2: Boceto 2	8
3. Imagen 3: Boceto 3	8
4. Imagen 4: Boceto 4	9
5. Imagen 5: Boceto 5	10
6. Imagen 6: Alternativa 1 (1)	11
7. Imagen 7: Alternativa 1 (2)	11
8. Imagen 8: Alternativa 1 (3)	12
9. Imagen 9: Alternativa 1 (4)	13
10. Imagen 10: Alternativa 2 (1)	14
11. Imagen 11: Alternativa 2 (2)	14
12. Imagen 12: Alternativa 2 (3)	15
13. Imagen 13: Solución adoptada	18

## Índice de tablas

1. Tabla 1: Valores de cálculo	17
--------------------------------	----




## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente anejo tiene como objetivo el estudio y la valoración de las diferentes alternativas que se plantean, una vez determinados los condicionantes, de manera que pueda escogerse la más conveniente de forma razonada. Este anejo ha sido dividido en cuatro, para estudiar por separado las alternativas de distribución en planta, tipología de diques, muelles y pantalanes.

La selección de la solución más conveniente constituye un proceso complicado en que deben tenerse en cuenta multitud de factores (funcionales, tecnológicos, ambientales, económicos y estéticos), cumpliendo en cualquier caso, las restricciones impuestas por la reglamentación vigente.

En este estudio se soluciones en planta nos centraremos en las distintas existentes en la distribución de superficies interiores del puerto, los canales de entrada y la bocana.

Para la redacción de este anejo nos basamos en los resultados obtenidos de los siguientes anejos:

-  Anejo nº 5 – Caracterización y propagación del oleaje
-  Anejo nº 7 – Estimación de la demanda.
-  Anejo nº 8 – Estimación de superficies

## **2. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO**

En este apartado se fijan de forma más específica los criterios a seguir en el análisis de las distintas soluciones. Estos criterios ya se han comentado anteriormente por lo que aquí se describen brevemente.

### Condicionantes técnicos:

Régimen de temporales: los temporales de mayor frecuencia e intensidad son los de levante, por lo que se han de diseñar las obras de abrigo de forma que el puerto quede protegido frente a ellos. El dique actual protege eficazmente frente a tales direcciones de oleaje, por lo que parece lógico que la ampliación sea una prolongación del dique en la misma dirección que presenta ahora, o sensiblemente parecida, dentro de un intervalo razonable de posibilidades.

### Condicionantes funcionales:

El puerto ha de tener una buena accesibilidad desde el exterior, una adecuada distribución que facilite las maniobras en la dársena y un buen reparto y distribución de las superficies terrestres, buscando siempre la comodidad del usuario.

### Condicionantes económicos:

Los costes tratarán de reducirse en la medida de lo posible, construyendo eficazmente, sin superar las necesidades ni derrochar medios.

### Condicionantes ambientales:

Una obra de este tipo puede ocasionar una agresión grave al entorno natural, circunstancia que ha de minimizarse, en la medida de lo posible.

### Condicionantes estéticos:

Se pretende conseguir una sensación de armonía e integración de las nuevas instalaciones en el conjunto existente.

### 3. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

En este apartado se plantean las distintas distribuciones posibles para llevar a cabo la ampliación y acondicionamiento de las instalaciones. A partir de los criterios anteriormente fijados se irá decidiendo la ubicación de los diques, muelles, pantalanes y servicios.

Se comenzará por la ubicación definitiva de las obras de abrigo, que definen la superficie sobre la que se materializa la ampliación y fijan los límites y dimensiones de la obra.

A continuación se realizará una descripción de cada una de las soluciones, a partir de las cuales se irán haciendo descartes y obteniendo conclusiones para llegar a la solución definitiva.

#### 3.1. OPCIONES CONTEMPLADAS

##### 3.1.1. Bocetos

Estos primeros bocetos representan las primeras ideas que tuvimos sobre como situar las zonas en el puerto habiendo consultado muy poca documentación, y sin definir claramente ninguna zona.

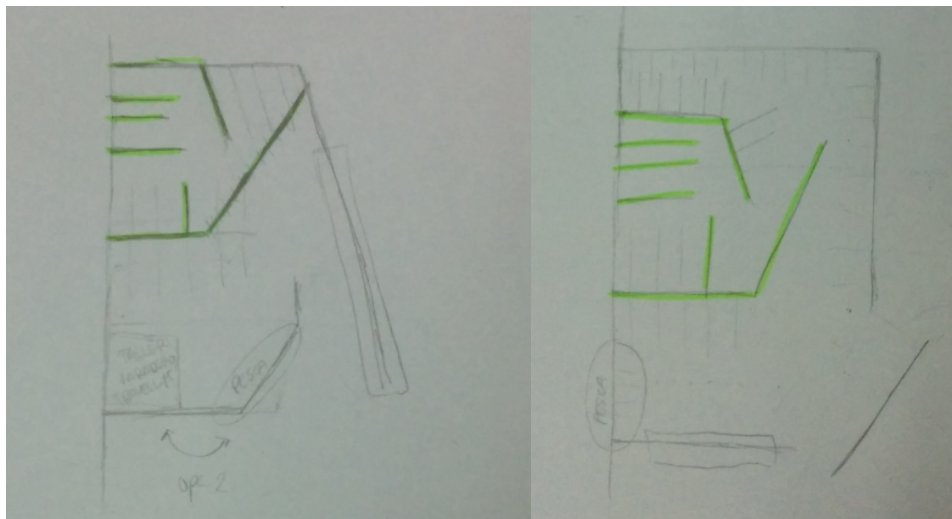


Imagen 1: Boceto 1

En los siguientes bocetos se puede observar cómo se va a aprovechar parte del contradique del anterior puerto para ampliarlo y hacer de este mismo el dique principal de la ampliación a proyectar. Los bocetos tampoco tienen zonas totalmente definidas.

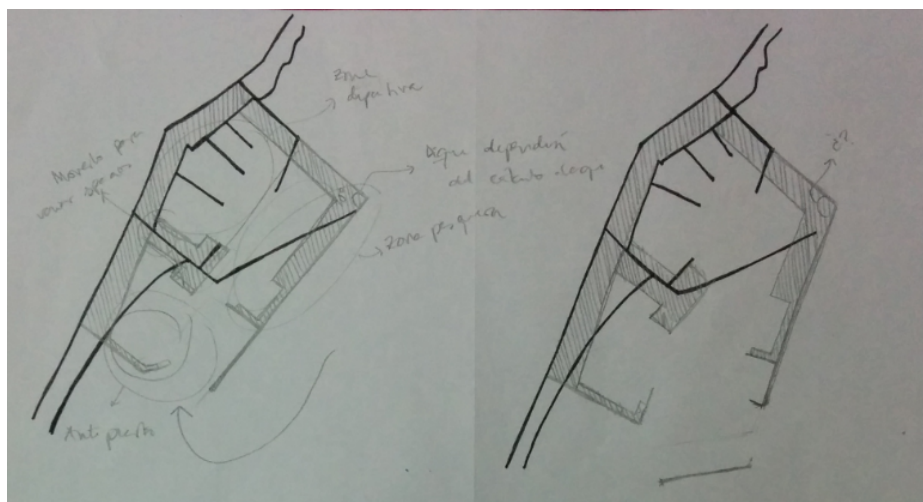


Imagen 2: Boceto 2

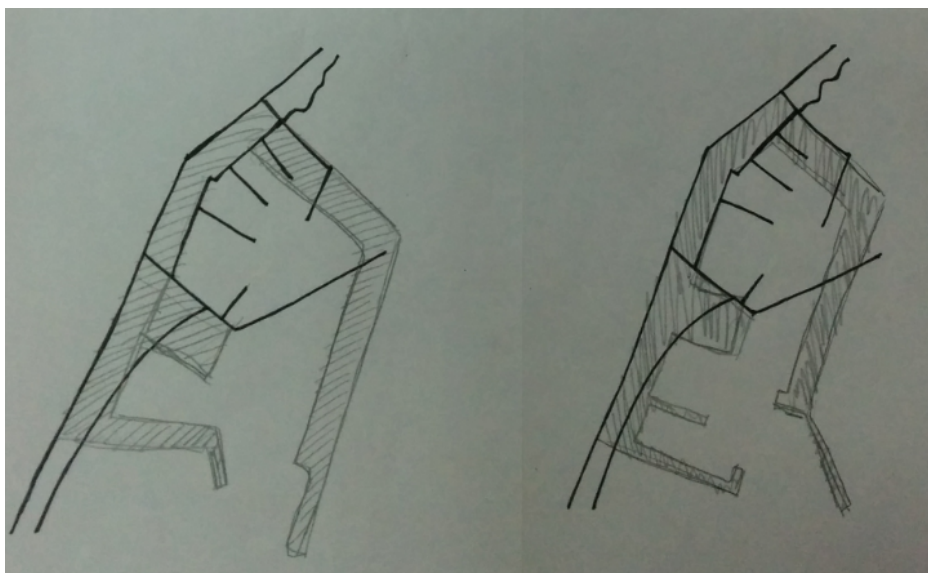


Imagen 3: Boceto 3

Este siguiente boceto ya es una idea elaborada del puerto donde se puede observar una solución bastante definida pero errónea, ya que se les había desplazado a los pescadores a la zona más lejana del muelle y aun habiéndoles puesto una carretera y zona y aparcamientos suficientes, les sería bastante incómodo el tener que desplazarse hasta el final del dique por la comodidad que les supone en el presente el tener la zona pesquera muy próxima al pueblo y encima por ser los mayores usuarios del puerto durante todo el año.

A pesar de este grave error, el puerto ya tiene la mayoría de superficies y zonas definidas.



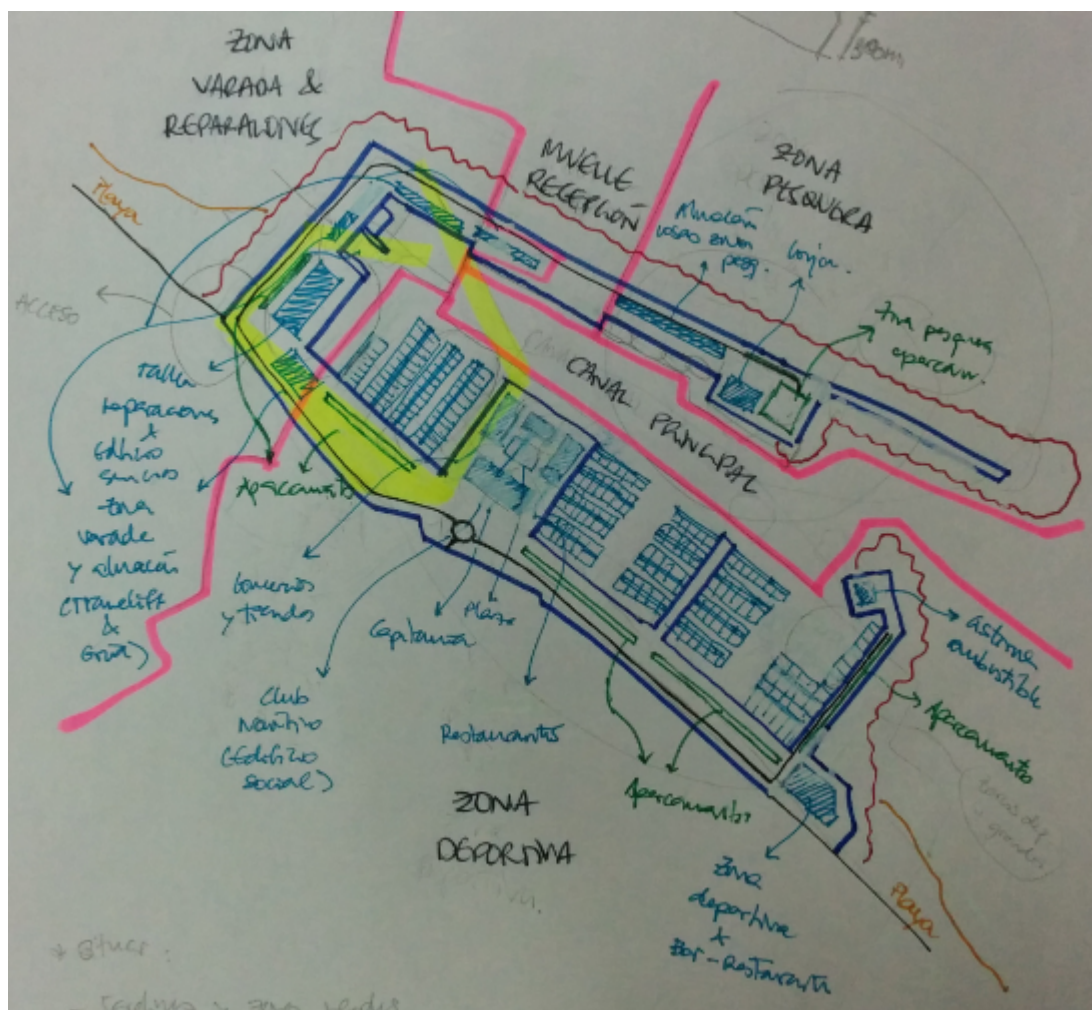


Imagen 4: Boceto 4

En este último boceto se puede observar como el puerto ya está totalmente definido con sus zonas y ya hay una idea principal de cómo llevarlo a cabo. En el puerto se pueden observar claramente cuatro zonas:

- ✚ Zona 1: Es la zona de atraque de barcos deportivos, la zona noble del puerto.
- ✚ Zona 2: El sur es también zona de atraque de barcos deportivos y el norte es la zona pesquera, donde se situará la lonja con un aparcamiento y zona libre para los pescadores.
- ✚ Zona 3: Es la zona de reparación y varada, con sus respectivas zonas libres y de aparcamiento.
- ✚ Zona 4: Es el canal principal por donde navegarán los barcos para desplazarse por el puerto.

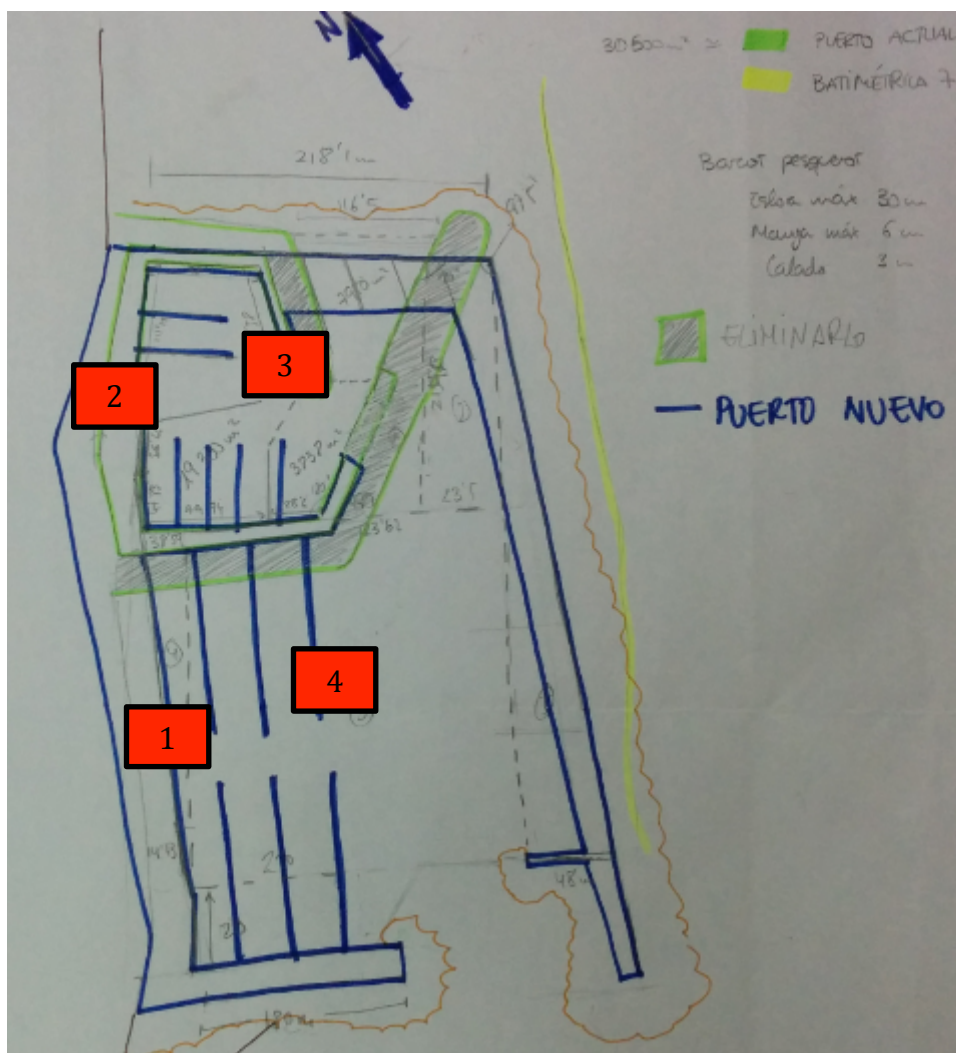


Imagen 5: Boceto 5

### 3.1.2. Alternativa 1

Consiste en prolongar el contradique actual del puerto y convertirlo en el dique principal, dejando parte de lo que era el antiguo puerto deportivo como zona pesquera con tres pantanles deportivos. Al sur del puerto actual, se sitúan tres nuevas dársenas deportivas. Estas tres nuevas dársenas están divididas por dos muelles donde se apoyan los pantanles de las mismas. Para la dicha alternativa se han seguido una serie de pasos para llegar al resultado final:



Imagen 6: Alternativa 1

El primer paso después del diseño previo ha sido reordenación de la zona de tierra, así como la ampliación de la anchura de los muelles y una mejora en la redistribución de los aparcamientos por todo el puerto.



Imagen 7: Alternativa 1

En el segundo paso se ha hecho una ampliación de la superficie portuaria, tanto marítima como terrestre. También se ha ampliado el muelle en el dique principal para aprovecharlo para el atraque de las embarcaciones de mayor eslora del puerto



*Imagen 8: Alternativa 1*

Para acabar, en el tercer y último paso de modificación de la alternativa, se ha añadido una torre de control en el muelle central para poder controlar y observar todas las acciones de los barcos en el puerto, se ha ampliado el espigón para proteger el canal principal del puerto y a su vez el muelle de las grandes embarcaciones del dique principal, y se han situado los nuevos edificios y lugares en la zona de reparación y varada.



Imagen 9: Alternativa 1

### 3.1.3. Alternativa 2:

Alternativa prácticamente idéntica a la anterior en cuanto a forma exterior, pero con una ordenación interior distinta., ya que se han aprovechado parte del dique del puerto antiguo y el contradique. En la parte norte del puerto actual se situará la zona pesquera y esta tendrá en la parte restante de dicho puerto 4 pantalanes de 70 m de longitud que conformaran la parte norte de la zona noble de la ampliación del puerto. Parte del dique principal se utilizará como muelle donde apoyarán los pantalanes de ambas dársenas y donde se situará la torre de control junto con el muelle de recepción. Al sur del puerto posee una dársena donde van atracados barcos de mayor eslora que en el resto del puerto

En esta alternativa se han seguido solamente dos pasos ya que está inspirada en una solución portuaria del libro *SPIAGGE E PORTI TURISTICI* – BERRIOLO, Giorgio & SIRITO, Giorgio.





Imagen 10: Alternativa 2

La primera corrección que se le ha hecho ha sido la ampliación de la superficie portuaria para ensanchar el canal principal y crear más zona de tierra. Más tarde se ha llevado a cabo la eliminación de la dársena sur donde atracaban los barcos de mayor eslora, también se ha modificado la zona del muelle de recepción y torre de control para poder aprovechar mejor el canal principal. También cabe añadir que se han situado todos los edificios necesarios por todo el puerto.

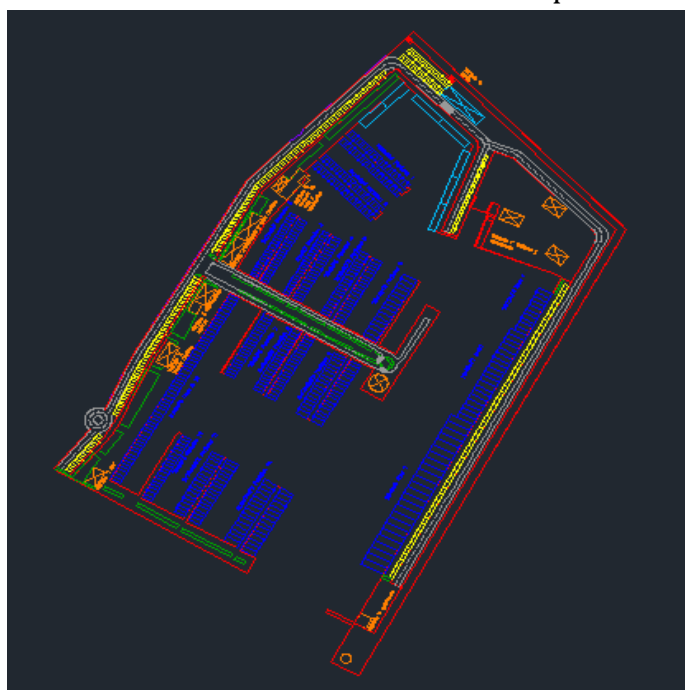
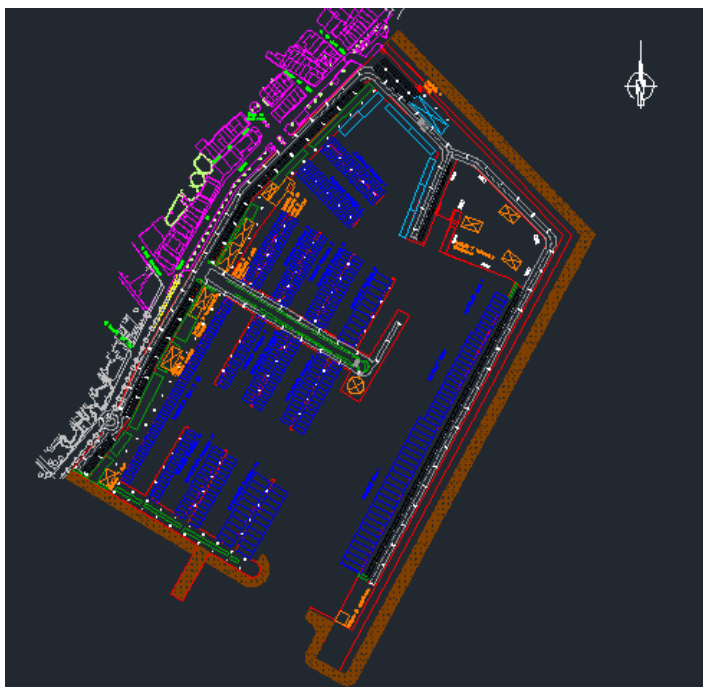


Imagen 11: Alternativa 2

La segunda y última modificación de esta alternativa ha sido la principalmente la adición de un tacón en el contradique para frenar los sedimentos, ya que con el paso del tiempo tenderían a depositarse en la bocana del puerto y a su alrededor. Otra modificación ha sido la redistribución de espacios para optimizar las zonas de uso con respecto a su demanda, y la adición de todos los detalles a tener en cuenta como pueden ser alumbrado, aseos, árboles, zonas verdes, etc.



*Imagen 12: Alternativa 2*

## **4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

### **4.1. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS**

Desde el punto de vista funcional, la alternativa 2 es claramente superior a la 1, puesto que distribuye de una mejor forma todas las zonas de puerto. Mantiene más concentrada la zona noble del puerto, sitúa mejor los edificios para un correcto uso, y genera más superficie para aparcamientos e instalaciones.

Desde el punto de vista económico las cuestiones que diferencian la alternativa 1 de la 2 son las siguientes:

- ✚ Mayor coste de la alternativa 2 por:
  - Demolición completa del dique del puerto antiguo.
  - Creación de tres nuevos muelles.
- ✚ Mayor ahorro en la alternativa 1 por:
  - Aprovechamiento de gran parte del dique como muelle principal.
  - Aprovechamiento del contradique del puerto como muelle pesquero.

La evaluación económica de ambas soluciones nos lleva a una clara preferencia de la alternativa 2.

Desde el punto de vista medioambiental, la alternativa 2 presenta la ventaja de que modifica una parte del actual dique, mientras que en la alternativa 1 se demuele totalmente. En principio, a falta de estudios más detallados, y tomando esto como referencia, la solución 2 causa un menor impacto ambiental ya que lleva a cabo menos obras y demoliciones y por consecuencia, menos afecciones al medio ambiente.

### **4.2. COEFICIENTES DE PONDERACIÓN**

Se van a utilizar para evaluar la importancia de un criterio frente a los demás.

CRITERIO COEFICIENTE DE PONDERACIÓN






- ✚ Económico = 1
- ✚ Funcionalidad = 3
- ✚ Impacto ambiental = 2



### 4.3. COMPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES

En función de cada criterio y teniendo en cuenta la ponderación establecida, se van a diferenciar cinco puntuaciones según las cualidades de cada alternativa respecto al criterio analizado.

Puntuación:

-  Muy bueno = 5
-  Bueno = 4
-  Regular = 3
-  Malo = 2
-  Muy malo = 1

Aplicando la puntuación establecida a cada tipo de dique se obtiene y su correspondiente ponderación:

CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Económico	$1 \times 3 = 3$	$1 \times 4 = 4$
Funcional	$3 \times 3 = 9$	$3 \times 4 = 12$
Medioambiental	$2 \times 2 = 4$	$2 \times 4 = 8$
Total	16	24

Tabla 1: Valores de cálculo

Una vez analizadas ambas soluciones se concluye que la solución más adecuada es la alternativa 2, en cuanto a los criterios establecidos anteriormente.

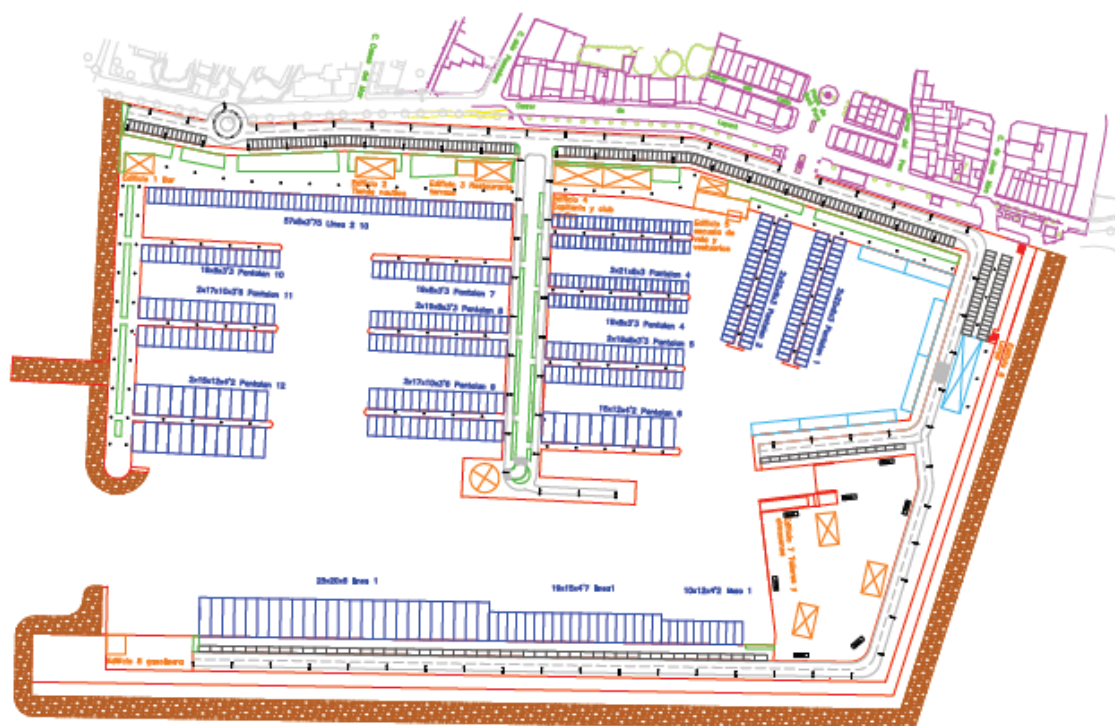


Imagen 13: Solución adoptada



Anejo nº 9-B

## **ESTUDIO DE SOLUCIONES. DIQUES**

AMPLIACIÓN SUR DE PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE  
ALCANAR

Autor: Daniel Hernández González

## Índice

1. Introducción	21
2. Tipologías de diques	22
2.1. Diques en talud	22
2.2. Diques mixtos	26
2.3. Diques reflejantes	27
3. Justificación de la solución adoptada	31

## Índice de imágenes

1. Imagen 1: Sección proyectada por Del Moral y Berenguer (1980)	22
2. Imagen 2: Sección propuesta en el manual americano S.P.M. (1984)	23
3. Imagen 3: Dique berma. Sección tipo	23
4. Imagen 4: Sección de dique con perfil en S o perfil compuesto	24
5. Imagen 5: Dique con refuerzo interior del manto por Josep R. Medina	24
6. Imagen 6: Diferentes tipologías de elementos prefabricados de hormigón para el talud	25
7. Imagen 7: Detalle para el cálculo del dique	26
8. Imagen 8: Dique de cajones. Sección tipo y planta	29



## **1. INTRODUCCIÓN**

En el presente anejo se realiza el estudio de soluciones de la Solución Sur de la ampliación del Puerto de Las Casas de Alcanar, en los aspectos referentes a las obras de abrigo.

Para ello se estudiarán las posibles alternativas existentes en lo referente a diques. Se recuerda que la misión principal de los diques es el abrigo de la dársena interior.

## 2. TIPOLOGÍAS DE DIQUES

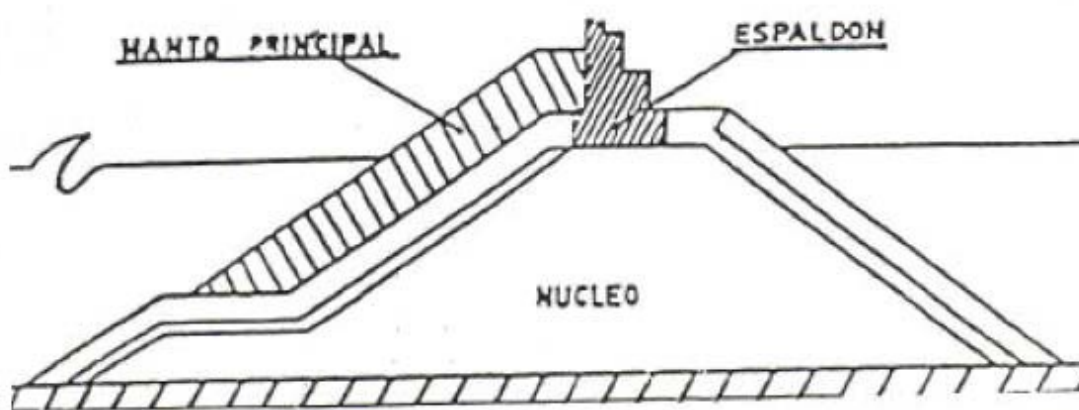
Para la realización del presente estudio se descartan de antemano las tipologías de diques permeables y sumergidos, por no aportar las características de protección que deseamos para esta ampliación. Por estos mismos motivos valoraremos únicamente las siguientes tipologías:

### 2.1. DIQUES EN TALUD

Existen numerosas tipologías de diques en talud, ya que se puede variar completamente, por ejemplo el número de capas, la rebasabilidad, el tipo de materiales, disponer espaldón, un cuenco amortiguador... Pero los más frecuentes son los creados en base a un núcleo de todo-uno de cantera, al que cubren las diversas capas de escollera.

Según los materiales que se empleen se pueden clasificar en diques de bloques naturales, de bloques artificiales o bien de bloques naturales revestidos de bloques artificiales.

A continuación se muestran algunas de las secciones que con mayor frecuencia se disponen para este tipo de dique:



*Imagen 1: Sección proyectada por Del Moral y Berenguer en 1980.*

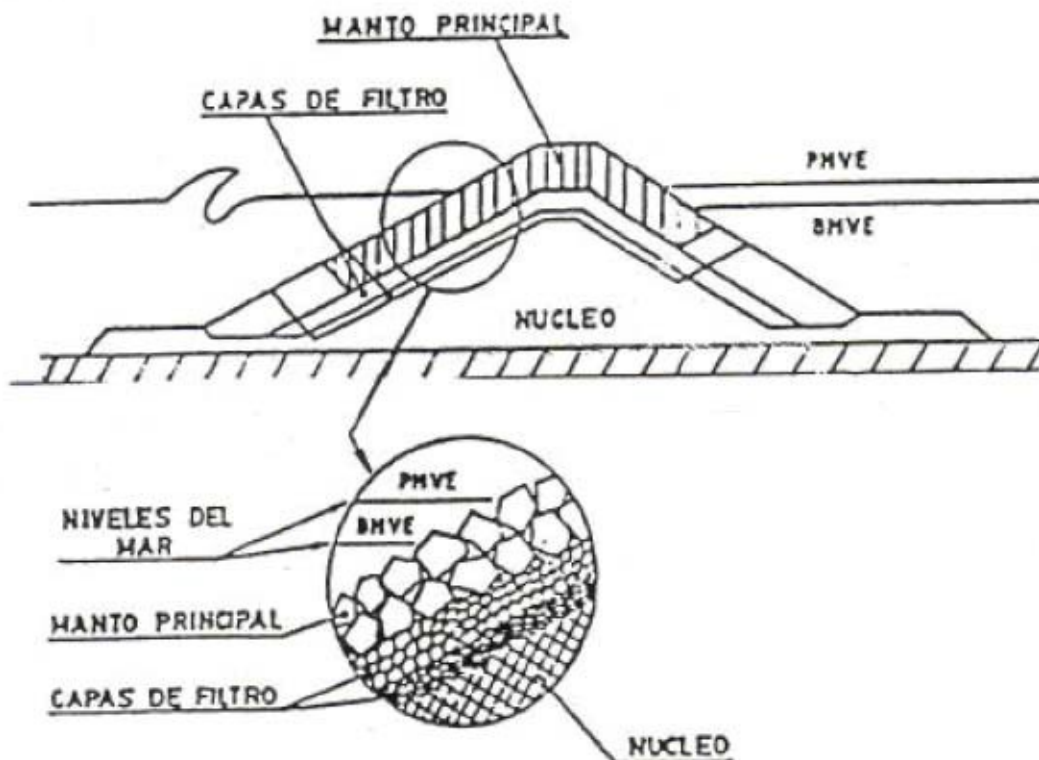


Imagen 2: Sección propuesta en el manual americano S.P.M. en 1984.

La siguiente sección, que corresponde a una sección tipo de un dique berma o sacrificado (Baird Woodrow, 1988), con la principal ventaja de un menor coste, al requerir un menor tamaño de la escollera del manto.

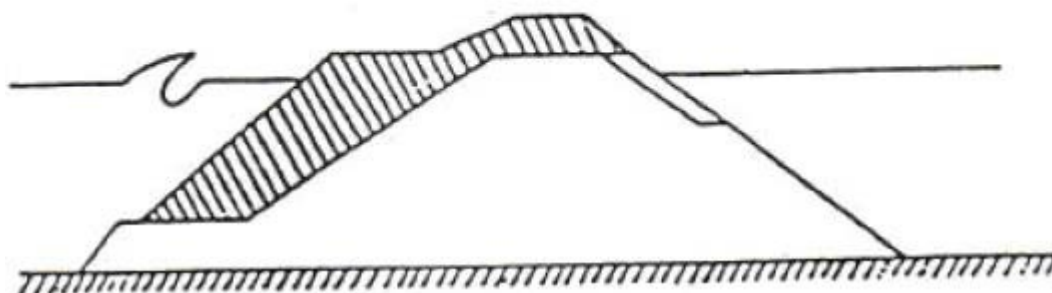


Imagen 3: Dique berma. Sección tipo

Cuyos inconvenientes están relacionados con la movilidad de materiales a lo largo del dique, los posibles problemas de estabilidad a largo plazo, así como las posibles dificultades a la navegación.

Existen tipologías de la sección, como la que se muestra a continuación, sección de dique con perfil en S o perfil compuesto (Naheer y Buslov, 1983). La ventaja sobre la sección clásica es una mayor resistencia a la iniciación de averías y a la rotura total, debido a su perfil suave en la zona de rotura del oleaje.

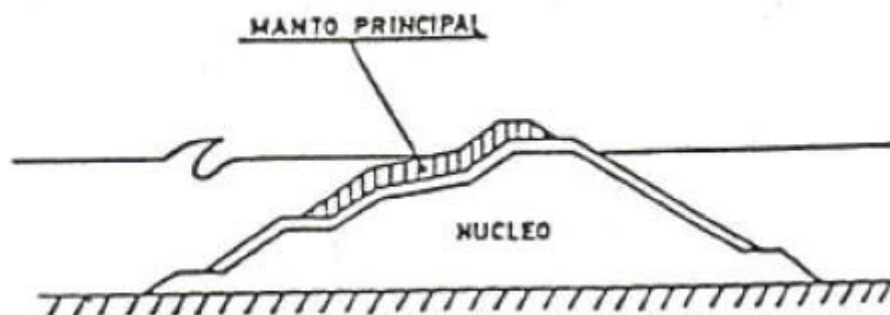


Imagen 4: Sección de dique con perfil en S o perfil compuesto

Sección que presenta inconvenientes por su dificultad de construcción, la necesidad de mayores volúmenes de materiales, así como la falta de experiencias reales.

Por último, Josep R. Medina propuso en 1989 un dique con refuerzo interior del manto, que se muestra a continuación.

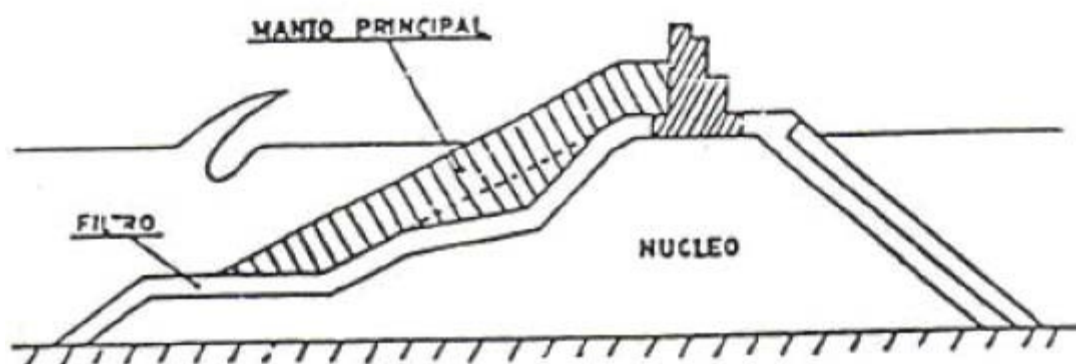
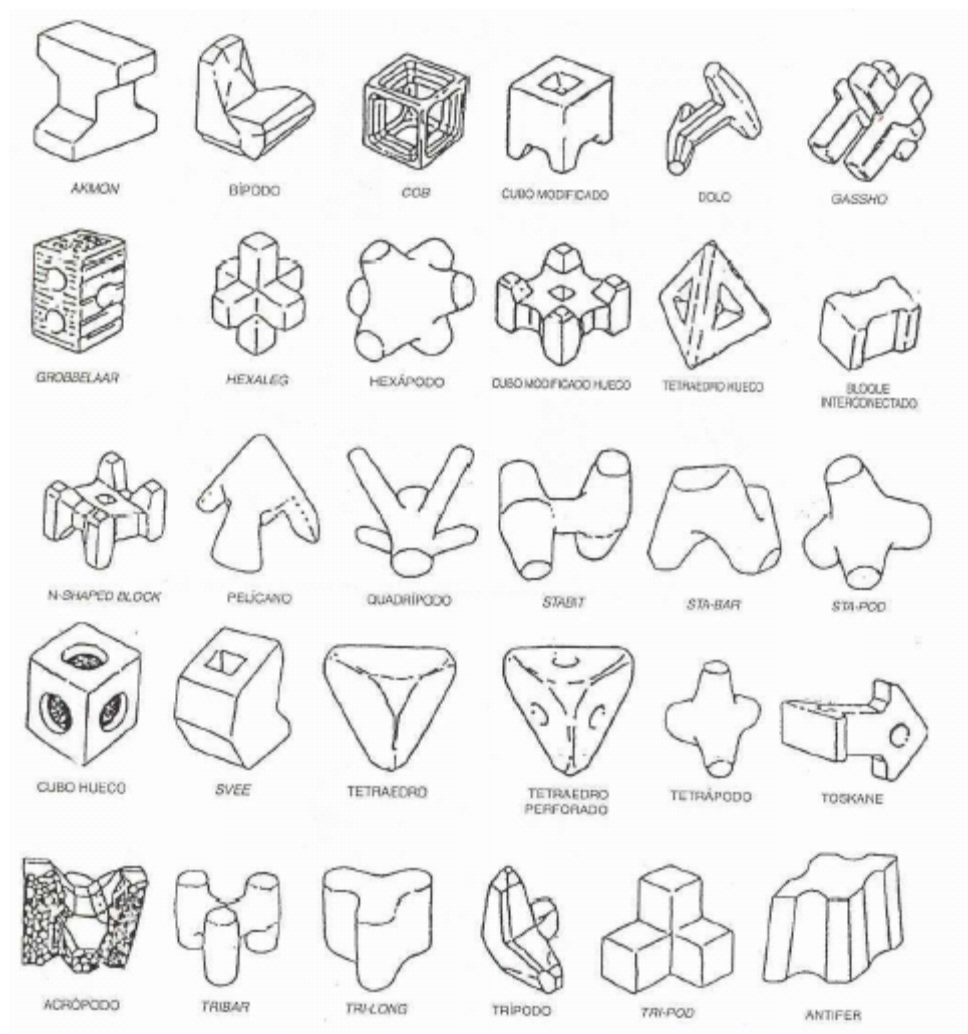


Imagen 5: Dique con refuerzo interior del manto por Josep R. Medina

Sección que presenta las ventajas frente a la sección tradicional de mayor resistencia a la iniciación de averías, resistencia a la rotura total, y la mayor flexibilidad y capacidad para soportar incertidumbres de cálculo a bajo coste. Pero aún no existen experiencias reales que comprueben su buen funcionamiento.



También existe la posibilidad de emplear diferentes elementos de hormigón prefabricados, como los que se muestran a continuación.



*Imagen 6: Diferentes tipologías de elementos prefabricados de hormigón para el talud del dique*

Se contempla la posibilidad de hacer uso de alguna de estas tipologías (muchas de ellas sometidas a patentes) en el caso de no ser posible conseguir de las canteras próximas los elementos naturales disponibles, o por motivos ambientales.

Pero presentan algunos inconvenientes, como la mala reproducción en los modelos a escala de los esfuerzos que producen los golpes entre ellos, y que la estabilidad es función del grado de trabazón entre ellos, que se reduce al producirse la rotura de unas pocas unidades. Los dolos son especialmente sensibles a este fenómeno.

## 2.2. DIQUES MIXTOS

Esta tipología está formada por un paramento vertical apoyado sobre una banqueta, de forma que se comporta como un dique reflejante ante las mareas altas, y frente a mareas bajas como un rompeolas.

Una de las principales acciones sobre el dique, la rotura de la ola sobre el mismo, efecto de amontonamiento por la presión estática momentánea, así como sobrepresiones dinámicas producidas por el impacto, y el efecto colchón que provoca el aire.

La importancia de los esfuerzos varía según la altura del impacto, es decir, según su posición. Esto lleva a la necesidad de efectuar un amplio estudio de modelos de todas las situaciones posibles. Esta amplia gama de comportamientos hace que el diseño y cálculo de este tipo de diques exija un ensayo en laboratorio mucho más cuidadoso, ya que hay que analizar todas las posibles situaciones en las cuales puede encontrarse el dique. Esta tipología se recomienda en mares con una gran carrera de marea o con poco oleaje.

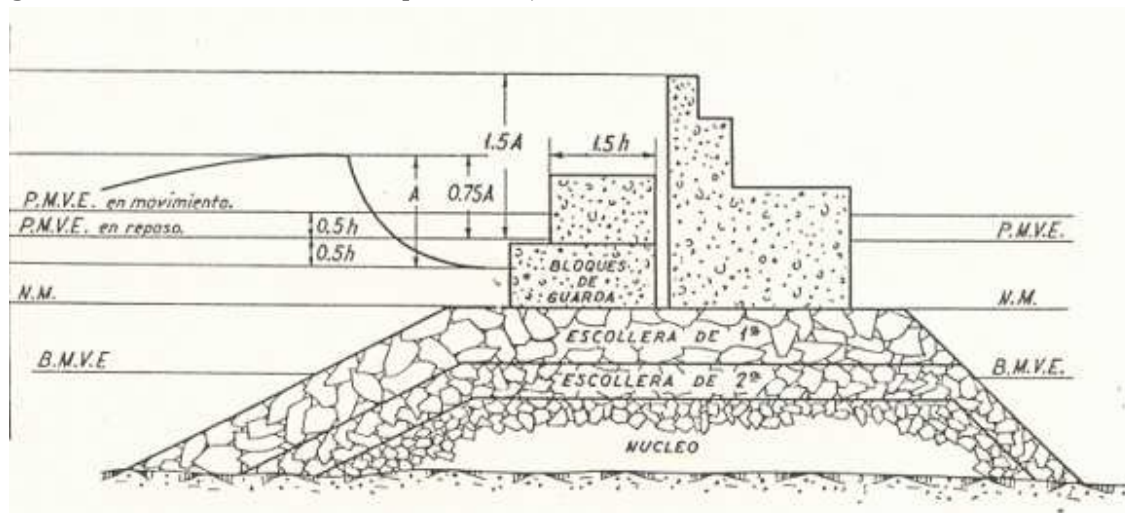


Imagen 7: Detalle para el cálculo del dique

El PIANC recomienda unos métodos de cálculo para anteproyecto, en el que hay que evaluar en modelo las presiones de olas rompiendo, y reconoce la dificultad del ensayo: esfuerzo aleatorio y resonancias producidas por oscilaciones de las sobrepresiones, vibraciones del impacto y/o las dos juntas en resonancia unitaria. Este tipo de dique ha sido desestimado por la gran complejidad de cálculos, al tener que realizar un número elevado de supuestos para evaluar su comportamiento, así como la poca tradición de utilización en nuestro país, lo que implica desconocimiento del comportamiento, así como de las posibles patologías que se puedan presentar.

## 2.3. DIQUES REFLEJANTES

La principal característica que presenta esta tipología es la de reflejar el oleaje sin romperlo. Presentan un paramento casi vertical que trabaja reflejando la energía, creando una zona abrigada detrás. Resulta adecuado para aguas profundas donde las olas no rompen nunca, pero puede provocar efectos no deseados como la alteración de la dinámica litoral y la generación de una zona de agitación en el entorno de las obras de abrigo y la bocana, con las consiguientes afecciones a la navegación en la zona.

El diseño se realiza condicionado por su rigidez, que hace que presenten rotura instantánea, lo que lleva a que se proyecten con un mínimo coeficiente de seguridad al deslizamiento para que falle por deslizamiento sin ser destruido totalmente ante un fuerte impacto de corta duración.

Existen dos tipologías según su cimentación:

 Diques reflejantes cimentados directamente al fondo

Se pueden distinguir las siguientes clases:

- Cajones hincados con aire comprimido.

Se basan en cajones flotantes hincados en el fondo por medio de aire comprimido. Más que como diques propiamente dichos, debido a su alto precio, esta tipología se usa preferentemente como elementos especiales para los morros de diques, o en el caso de que la cimentación sea muy desfavorable. Los cajones hincados por medio de compresores en terrenos blandos servirán como futuro cimiento a otros módulos que se colocarán por encima de estos y que se rellenarán de arena. Un buen ejemplo lo encontramos en el dique del Puerto de Kobe.

- Tablestacas.

Los diques verticales contruidos con tablestacas pueden estar formados por una pantalla o por medio de recintos de tablestacas rellenos de piedras o material granular. Las tablestacas pueden ser de hormigón o metálicas. Esta tipología es usada, fundamentalmente, en mares con reducida energía del oleaje y preferiblemente en aguas dulces, para evitar el ataque del agua salada sobre las tablestacas. En la coronación se construirá la infraestructura de la plataforma de trabajo.

- Pilotes

También llamado dique a flexión, por su forma de trabajo, se trata de una pantalla delgada que resiste a flexión y está cimentada sobre pilotes que transmiten la carga al terreno. La utilización de esta tipología está limitada a reducidas alturas de ola.

- ✚ Diques reflejantes cimentados sobre macizo de escollera

Se pueden distinguir las siguientes clases:

- Cajones.

El material empleado más a menudo es el hormigón. El empleo de cajones de hormigón en masa presenta el inconveniente de graves fisuraciones producidas durante el llenado de los cajones. Estos inconvenientes hacen que sea mucho más frecuente el empleo de cajones de hormigón armado.

Está constituido por una serie de cajones, que son construidos en tierra o en cajoneras flotantes, son transportados flotando hasta su ubicación y allí son hundidos, rellenando finalmente las celdas interiores con material granular o bien hormigón pobre. Coronando los cajones se construye una losa de cubrición que servirá de plataforma de trabajo.

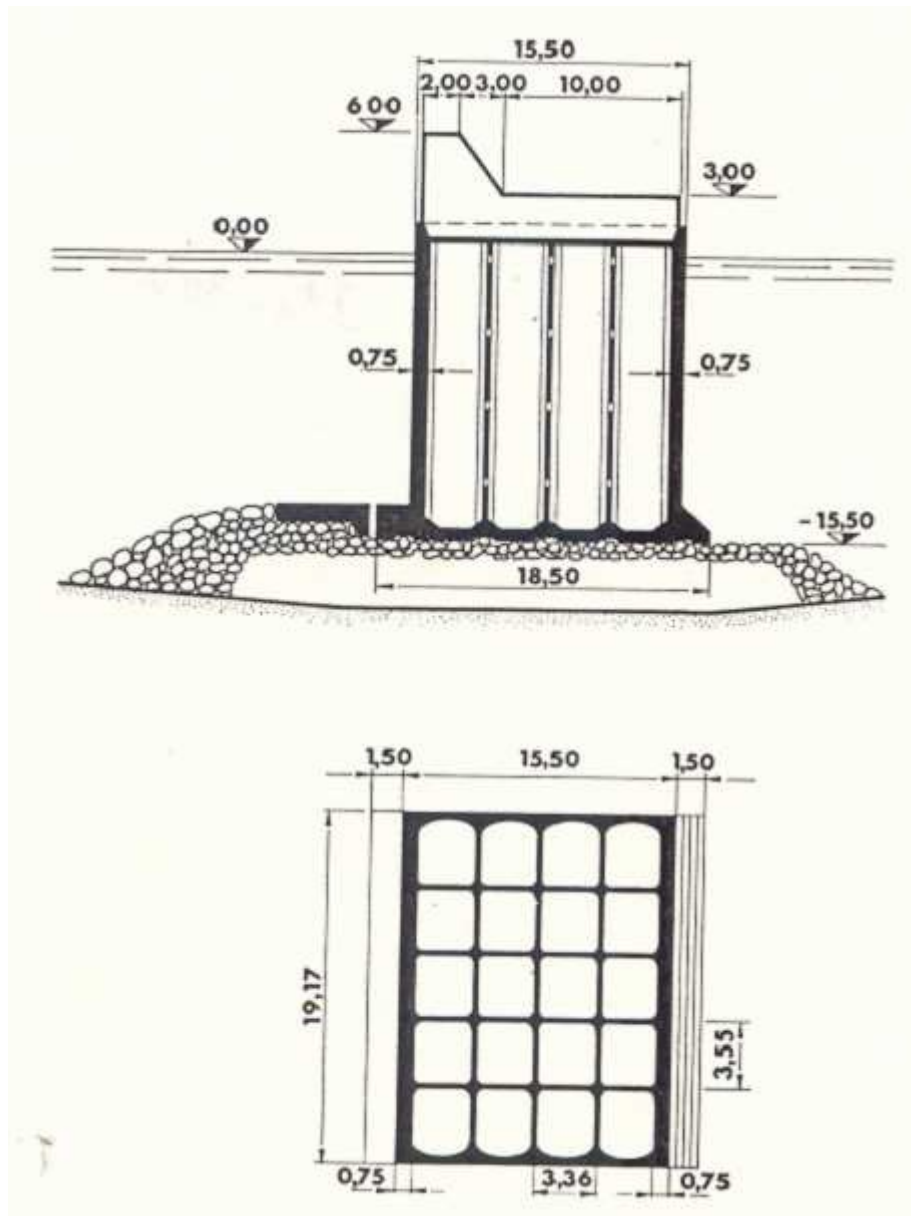


Imagen 8: Dique de cajones. Sección tipo y planta

- Bloques de hormigón.

Están formados por la colocación de bloques de hormigón aparejados sobre una banqueta de cimentación de escollera, cuidando la solidarización de los bloques, bien con chimeneas rellenas de hormigón armado o con perfiles metálicos. El comportamiento de este tipo de diques es por gravedad, resistiendo gracias a su propio peso. La banqueta ante el pie del dique debe ser amplia y bien protegida, con un importante bloque de guarda, ya que, una vez solidarizados los bloques, los fallos son atribuibles al mal funcionamiento de la estabilidad del cimiento.

El empleo de este tipo de diques se ha desestimado por varias razones:

- Profundidad: Se trata de un dique adecuado para aguas profundas., y como se ha comentado, no es el caso.
- Seguridad: Su rotura es frágil, lo cual no es aconsejable, ya que obliga a adoptar elevados coeficientes de seguridad y aumentan los costes. Para evitar la rotura por sorpresa del dique, se puede disminuir al mínimo el coeficiente de seguridad al deslizamiento, de manera que el dique se desplace antes de colapsar.
- Reflexión: El hecho de reflejar las olas sin romperlas tiene como principal inconveniente el de afectar directamente a la navegación, incluso a la dinámica litoral de la zona.
- Cimentación: Requiere una cimentación muy buena, aspecto no siempre sencillo de conseguir en los terrenos costeros.
- Tradición: No existe en esta zona, luego no existe experiencia suficiente.

### **3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCION ADOPTADA**

A la luz de las alternativas propuestas, desde el punto de vista económico y técnico, y dado que en la actualidad la tipología existente es de dique en talud convencional con espaldón y de escollera natural, se decide continuar con la tipología existente, por la integración en el paisaje, y que dicha tipología ha demostrado su eficacia a lo largo de los años.

Además, existen otras razones que demuestran su viabilidad:

- ✚ Tiene una destrucción progresiva lo que permite su detección y por tanto, la actuación sobre la avería impidiendo su destrucción total.
- ✚ Fácil y cómoda reparación.
- ✚ Existe una gran tradición en nuestro país, y en especial en el área donde nos encontramos, lo que supone una gran experiencia y la confirmación del buen comportamiento que ha tenido en la zona.
- ✚ Concretamente, es la tipología adoptada en la obra original del dique de abrigo principal en las instalaciones del puerto deportivo.







Anejo nº 9-C

## **ESTUDIO DE SOLUCIONES. MUELLES**

AMPLIACIÓN SUR DEL PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE  
ALCANAR

Autor: Rubén Marín Tejadillos

## Índice

1. Introducción	36
2. Descripción de las soluciones existentes	37
2.1. Muelles de contención de paramento vertical	37
2.1.1. Muelles de gravedad	37
2.1.1.1. De mampostería	37
2.1.1.2. De bloques prefabricados de hormigón	38
2.1.1.3. De cajones flotantes	38
2.1.1.4. De muros en L	39
2.1.1.5. De recintos de tablestacas o ataguías celulares	40
2.1.1.6. De elementos especiales	41
2.1.1.7. De entramados o “cribworks”	41
2.1.1.8. Macizos ejecutados “in situ”	41
2.1.2. Muelles pantalla	42
2.1.2.1. Pantalla de tablestacas	42
2.1.2.2. Pantallas de pilotes continuos	43
2.1.2.3. Pantallas continuas de hormigón	43
2.2. Muelles plataforma	44
2.2.1. Sobre pilotes	44
2.2.2. Sobre pilas	45
2.3. Muelles mixtos	45
2.3.1. De pilas con pantallas	45
2.3.2. De pilas con muro de contención	46
2.3.3. De pilotes con muro de contención	46
3. Solución adoptada y justificación	47

## Índice de imágenes

1. Imagen 1: Sección tipo de un muelle de mampostería	37
2. Imagen 2: Sección tipo de un muelle de bloques	38
3. Imagen 3: Sección tipo de un muelle de cajones	39
4. Imagen 4: Sección tipo de un muelle en L	40
5. Imagen 5: Sección tipo de un muelle de ataguías celulares	40
6. Imagen 6: Sección tipo de un muelle de entramados o “cribworks”	41
7. Imagen 7: Sección tipo de un muelle macizo ejecutado “in situ”	42
8. Imagen 8: Sección tipo de un muelle con pantallas de tablestacas	43
9. Imagen 9: Sección tipo de un muelle con pantalla de pilotes continuos	43
10. Imagen 10: Sección tipo de un muelle de pantalla continua de hormigón armado	44
11. Imagen 11: Sección tipo de un muelle de plataforma sobre pilotes	44
12. Imagen 12: Sección tipo de un muelle de plataforma sobre pilas	45



13. Imagen 13: Sección tipo de un muelle mixto de pilas con pantalla	46
14. Imagen 14: Sección tipo de un muelle mixto de pilotes y muro de contención	46

## **1. INTRODUCCIÓN**

En este apartado del estudio de soluciones dedicado a los muelles se presentan todas las posibles alternativas existentes, describiéndose todas ellas, se escogerán de entre todas las alternativas las más adecuadas como soluciones viables y una vez comparadas y teniendo en cuenta las condiciones locales se decidirá cuál es la solución óptima a adoptar en el Puerto.




Los muelles objeto de este estudio de soluciones deben de tener como principales misiones, dependiendo del trazado final en planta del puerto, la de permitir el atraque directo de embarcaciones, albergar elementos propios de la actividad náutica: grúas, rampas de varada, travelifts, etc. y como elemento funcional para los pantalanés, tanto fijos como flotantes, en el caso que la alineación de estos coincida perpendicularmente al muelle.

La elección de una u otra alternativa se realizará a partir de criterios económicos, estéticos, funcionales, etc.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES EXISTENTES

El muelle se puede definir como la franja continua de terreno que constituye el borde entre las superficies de tierra y de agua y que está adaptado para realizar la conexión entre los sistemas de transporte de ambos medios.

Atendiendo a su forma de resistir a los esfuerzos, los muelles se pueden clasificar en tres grupos:

-  Muelles de contención de paramento vertical
-  Muelles-plataforma
-  Muelles mixtos

### 2.1. MUELLES DE CONTENCIÓN DE PARAMENTO VERTICAL

La misión es la de contener el material relleno y su estabilidad está garantizada si se consigue resistir el empuje del mismo.

#### 2.1.1. Muelles de gravedad

Trabajan por gravedad, es decir, resisten las solicitaciones gracias a su propio peso.

##### 2.1.1.1. De mampostería

Esta tipología ha sido usada desde la antigüedad por el bajo coste del material. No permiten sin embargo grandes calados, por lo que han caído en desuso. Se dispone un muro vertical conformado a base de mampuestos, por lo que tiene la característica de ser una solución que necesita una importante mano de obra y como consecuencia se tiene una elevación de los costes.

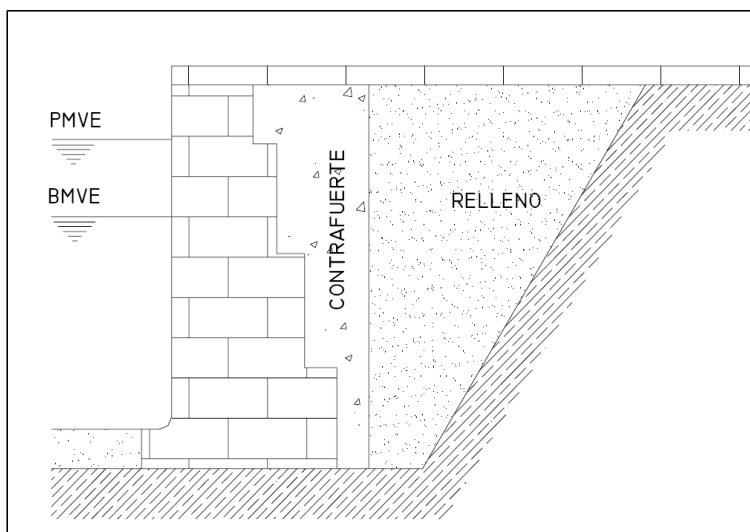


Imagen 1: Sección tipo de un muelle de mampostería

### 2.1.1.2. De bloques prefabricados de hormigón

Consiste en la colocación de bloques prefabricados de hormigón (macizos o huecos) de tamaño determinado, que suelen ir yuxtapuestos formando pilas, o bien aparejados trabados entre sí. Estas disposiciones serán más adecuadas o no según queramos dar mayor o menor rigidez al muelle.

Tras las labores de colocación de bloques se colocará un pedraplén apoyado en el trasdós del muelle, para mejorar las condiciones de apoyo del relleno, procediéndose luego a conformar la explanación de trabajo vertiendo un relleno general sobre el pedraplén.

Como cimentación se dispone una banqueta de escollera sobre la cual se coloca una capa de grava con el fin de regularizar la superficie de apoyo de los bloques, de forma que esta quede perfectamente nivelada.

Los bloques son, en general, de forma paralelepédica, siendo sus dimensiones variables y función directa de la altura del muelle. Una vez colocados los bloques, estos se rematan con una viga de coronación, o viga cantil, cuya finalidad es la de nivelar el cantil del muelle y evitar la visualización de posibles irregularidades en la colocación de los bloques, siempre que estas no afecten a la estabilidad y seguridad del conjunto.

Al trabajar con bloques prefabricados se pueden simultanear labores reduciendo así el plazo de ejecución, por lo que es una solución muy usual.

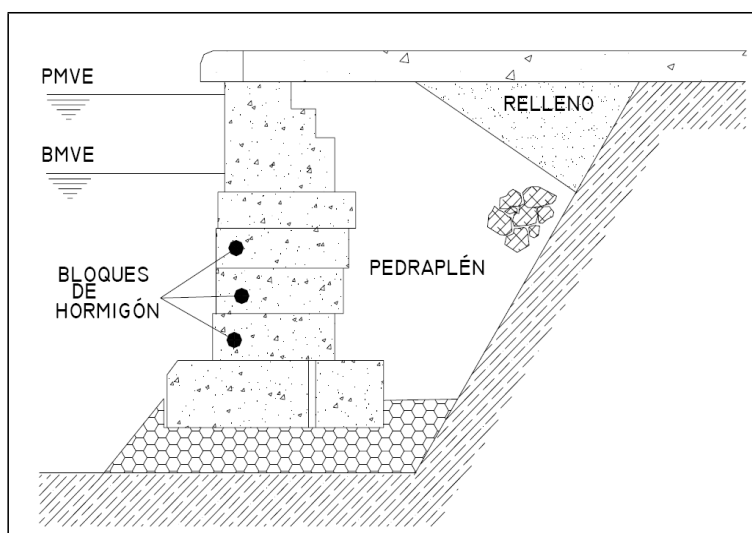


Imagen 2: Sección tipo de un muelle de bloques

### 2.1.1.3. De cajones flotantes

Tras la construcción de los bloques en tierra o bien en cajoneras flotantes, se trasladan flotando al lugar de ubicación donde se fondean y se rellenan de terreno granular o de hormigón pobre. Finalmente se realiza una losa de coronación que servirá de plataforma de trabajo.

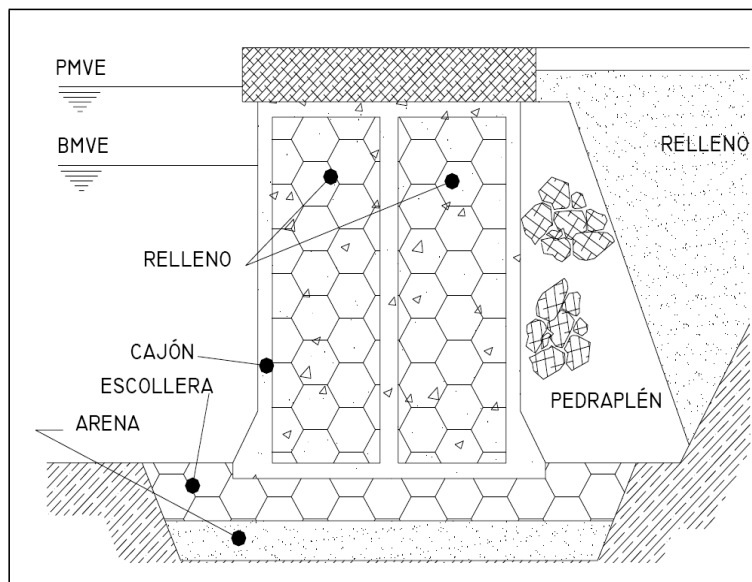


Imagen 3: Sección tipo de un muelle de cajones

### 2.1.1.4. De muros en L

Refleja como los anteriores el oleaje incidente. Constituido por un muro en L, que trabaja como un dique de contención en el que las tierras del trasdós colaboran favorablemente.

Necesita como los anteriores una cimentación adecuada. Es frecuente el dragado previo de la zona y construcción de una banqueta de cimentación. Se limitan a pequeños calados, y necesitan de trabajo en seco, aunque pueden prefabricarse y posteriormente colocarse.

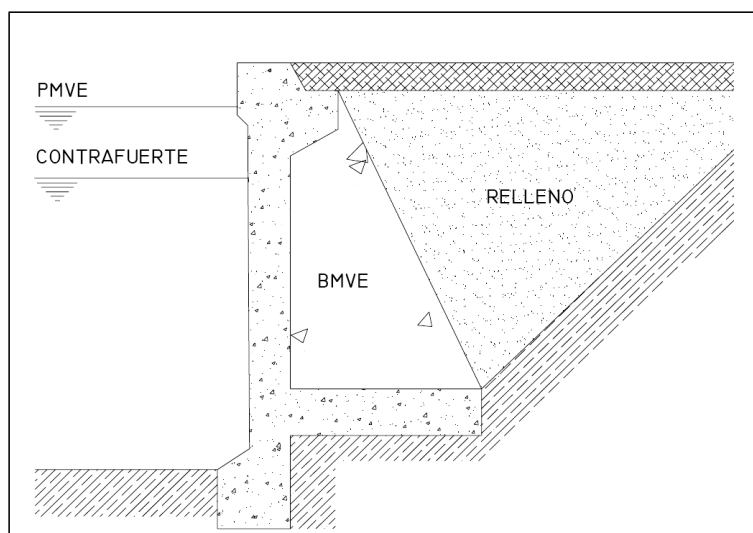


Imagen 4: Sección tipo de un muelle en L

#### 2.1.1.5. De recintos de tablestacas o ataguías celulares

Formado por tablestacas o ataguías que se hincan en el terreno y que son rellenas de material granular o bien hormigón pobre. De gran facilidad constructiva, necesitan condiciones de poca agitación durante su construcción.

Su inconveniente es la corrosión de las tablestacas metálicas, debida a la agresividad de las aguas marinas, por lo que el mantenimiento se incrementa en coste.

Necesitan de un cimiento blando para facilitar la hinc, pero no excesivamente.

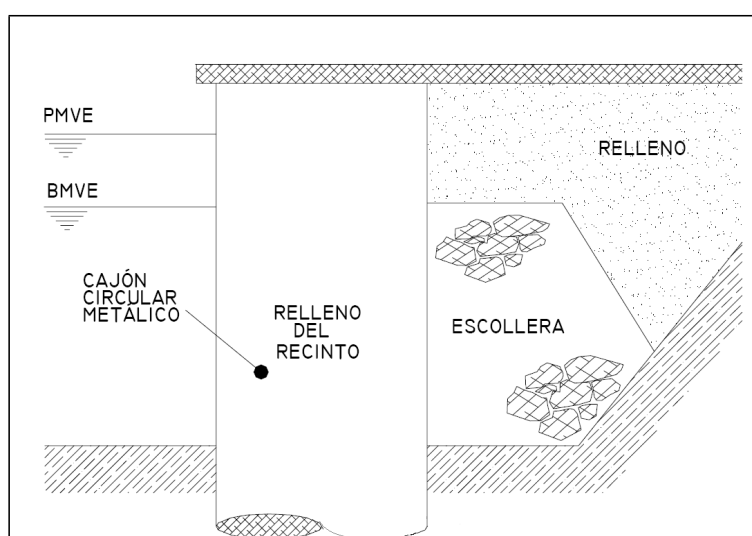


Imagen 5: Sección tipo de un muelle de ataguías celulares



### 2.1.1.6. De elementos especiales

Son bastante innovadores e intentan aligerar el conjunto de la estructura, cooperando en la absorción del oleaje reflejado.

### 2.1.1.7. De entramados o “cribworks”

Formado por un conjunto de piezas de madera, metálicas o de hormigón entrelazadas entre sí dejando huecos interiores que se rellenan posteriormente, núcleo de escollera. Sobre esta ha de disponerse una plataforma de trabajo que permita el desarrollo de las operaciones.

Requiere una metodología de trabajo muy delicada, lo que repercute en los plazos de ejecución. No obstante tiene interés por la facilidad constructiva y el bajo coste.

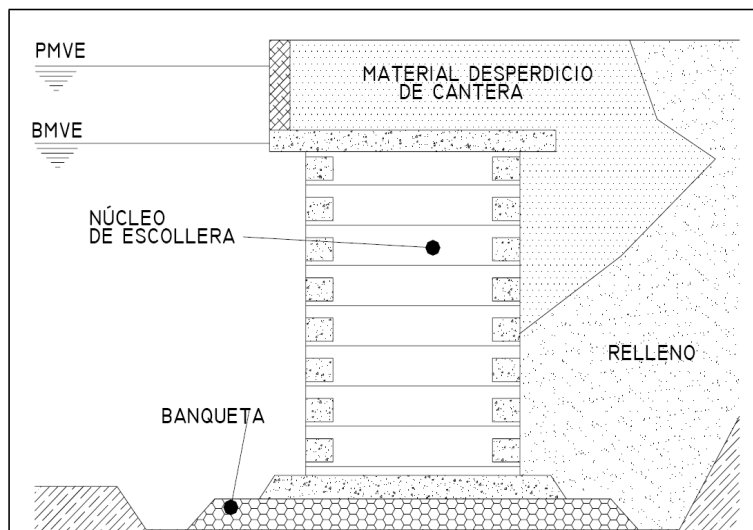




Imagen 6: Sección tipo de un muelle de entramados o “cribworks”

### 2.1.1.8. Macizos ejecutados “in situ”

Se consideran como muros de hormigón en masa macizos. Se trata de crear un muelle a base de un vertido de hormigón en masa. Se ejecuta casi totalmente bajo el agua, se emplea el hormigón sumergido.

Entre los métodos de construcción bajo el agua tenemos:

-  Colocados los encofrados se vierten los áridos y posteriormente se inyecta un mortero
-  Colocados los encofrados se vierte de forma directa el hormigón bajo el agua

Ambos procedimientos necesitan de metodologías especiales para evitar la segregación y el lavado de finos. Pasa por ser una solución rápida ya que interviene un único material de construcción. Requieren, sin embargo, una cimentación resistente como puede ser roca.

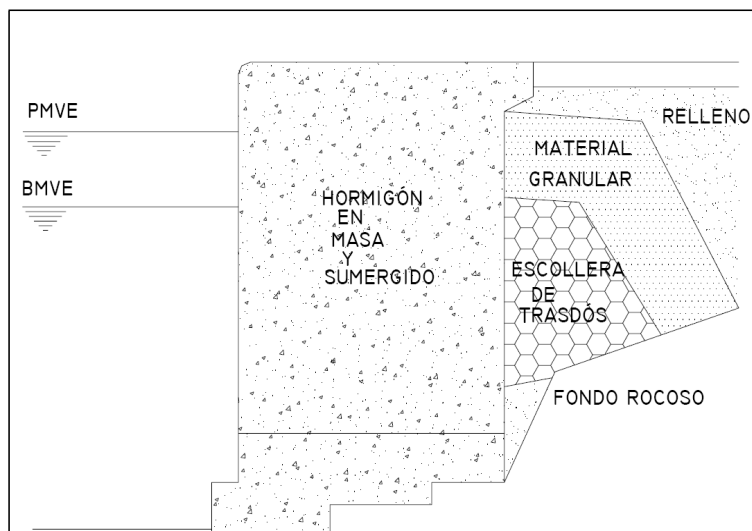


Imagen 7: Sección tipo de un muelle con macizo ejecutado in situ

### 2.1.2. Muelles pantalla

Contienen el terreno del trasdós gracias al empotramiento en el fondo y por lo general con la ayuda de elementos auxiliares como tirantes, contrafuertes etc.

#### 2.1.2.1. Pantallas de tablestacas

Se trata de un paramento vertical a base de tablestacas, que se arriostran en cabeza para funcionar conjuntamente. Además se colocan anclajes para disminuir las deformaciones.

Los inconvenientes vienen del lado de la corrosión de las partes metálicas y el sobre coste del mantenimiento. Las ventajas vienen de la facilidad de construcción y su rapidez siempre que a ello colabore el cimiento y el oleaje.

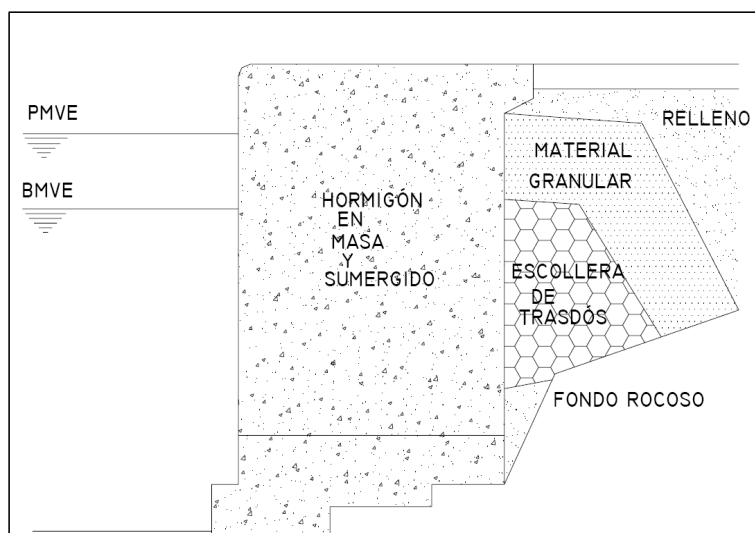


Imagen 8: Sección tipo de un muelle con pantalla de tablestacas

### 2.1.2.2. Pantallas de pilotes contiguos

Se realizan por medio de la hincada de pilotes conformando una superficie vertical, pero la escasa permeabilidad que producen les ha dado poca difusión.

Se añade a lo anterior el proceso lento de ejecución y su carestía. Se consigue la misma solución que con tablestacas eliminando el riesgo de corrosión.

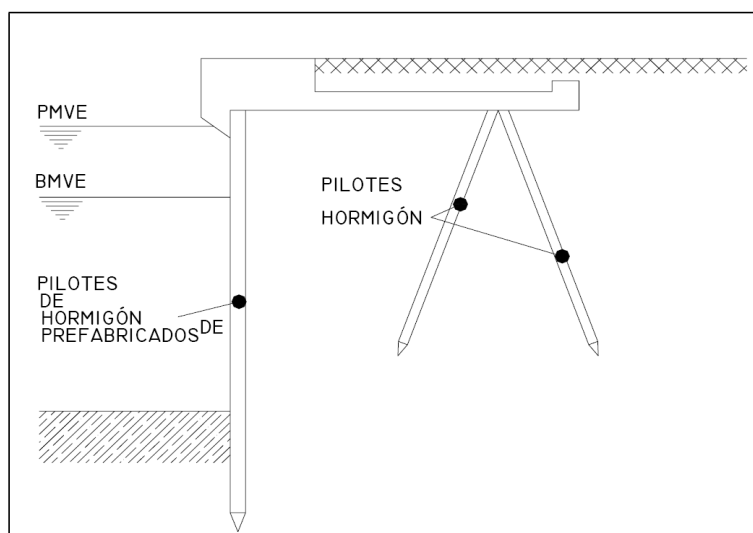


Imagen 9: Sección tipo de un muelle con pantalla de pilotes contiguos

### 2.1.2.3. Pantallas continuas de hormigón

Son una reproducción de la metodología empleada en tierra. Representan un alto coste para las obras, por lo que se reduce su uso a casos muy especiales.

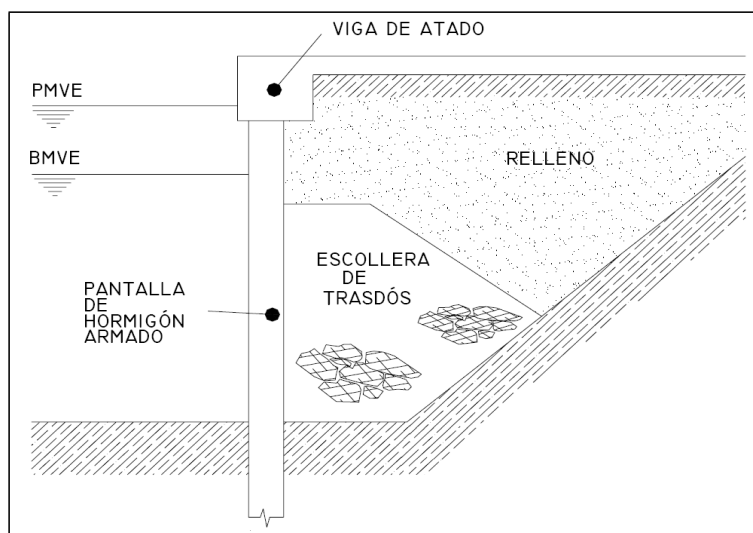


Imagen 10: Sección tipo de un muelle con pantalla contigua de hormigón armado

## 2.2. MUELLES PLATAFORMA

La estabilidad se consigue mediante un talud de terreno estable.

### 2.2.1. Sobre pilotes

Existe una gran variedad de soluciones. Se constituye una malla de pilotes sobre la que se apoya la plataforma de trabajo. El talud que queda bajo la plataforma se protege con una escollera con lo que se consigue además la disipación de las agitaciones indeseables.

Se consigue la ventaja de ser una solución fácil de construir y del ahorro del vertido de material. Es muy adecuado para dársenas donde se desea reducir la agitación existente.

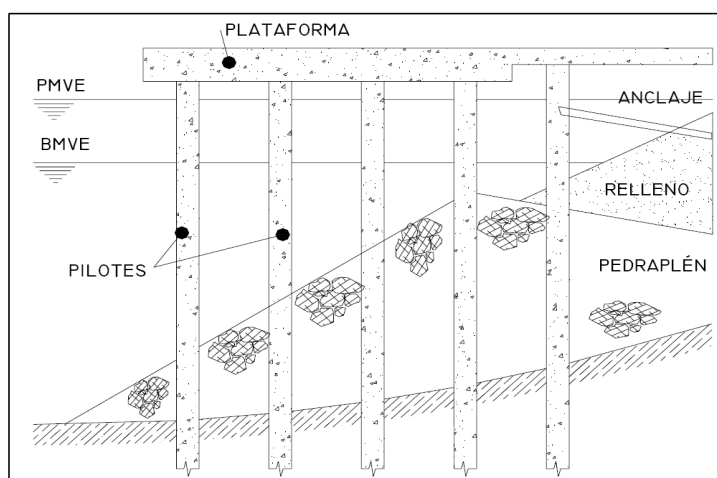


Imagen 11: Sección tipo de un muelle plataforma sobre pilotes

### 2.2.2. Sobre pilas

Consiste en una plataforma de trabajo que se apoya sobre pilas de planta rectangular y, en general, perpendicular al cantil.

Se puede analizar como una solución particular del caso anterior, de tal manera que se sustituye la disposición de los pilotes por las pilas.

Sobre las pilas se colocan vigas biapoyadas que sirven de base a la plataforma de trabajo que se construirá posteriormente. El talud bajo la plataforma se protege con escollera con lo que se disipan las posibles agitaciones.

Es una solución fácil en proceso constructivo, a la vez que ahorra material vertido.

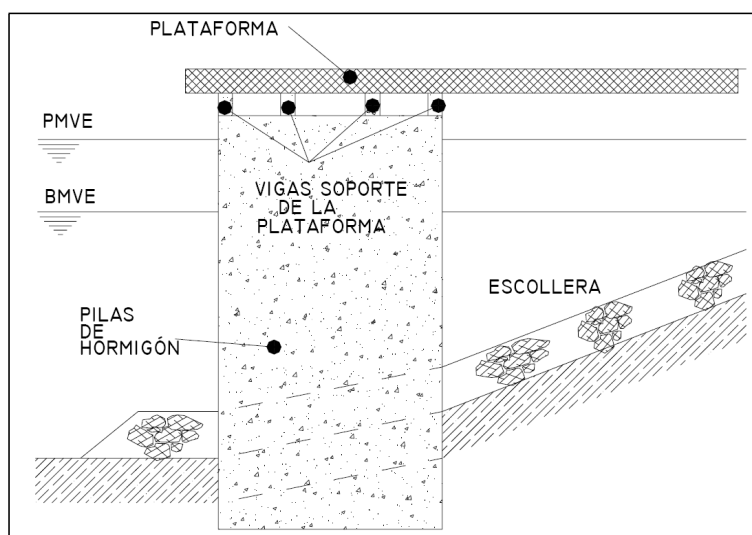


Imagen 12: Sección tipo de un muelle plataforma sobre pilas

## 2.3. MUELLES MIXTOS

Es una mezcla de los muelles de contención de paramento vertical y de los muelles plataforma. Su estabilidad viene dada por la acción combinada de un muro de contención y de unas formas, pilotes en general, que confieren estabilidad al conjunto.

### 2.3.1. De pilas con pantallas

Es una variedad de muelle plataforma de pilotes, se diferencia en que las tierras son contenidas por una pantalla en vez de derramarse libremente. El terreno hasta una cierta altura es contenido por la pantalla. Presenta la ventaja respecto al

anterior en el ahorro de material vertido. Los inconvenientes son el mayor número de trabajos y que estos se realizan en zona sumergida.

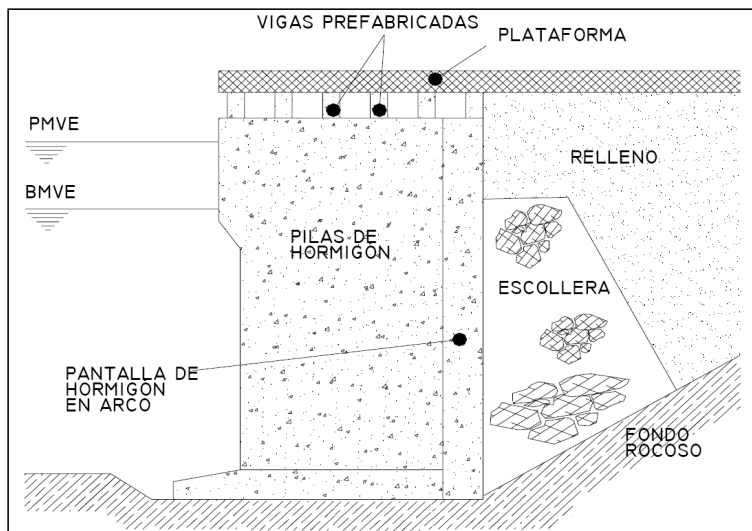


Imagen 13: Sección tipo de un muelle mixto de pilas con pantalla

### 2.3.2. De pilas con muro de contención

Solución de pilas prefabricadas que requieren una gran cantidad de escollera y material de relleno pero menos hormigón que otras tipologías como las pantallas de hormigón y muelles de bloques. Dado su carácter no reflejante es adecuado para dársenas con agitación interior. Su comportamiento frente a impactos durante el ataque es peor que en otras soluciones.

### 2.3.3. De pilotes con muro de contención

Es una solución más propia de ampliaciones que de construcciones originales. Tratan de ganar calado fácilmente, no han sido muy utilizados. Es una obra que debido a la colocación de los pilotes puede resultar cara.

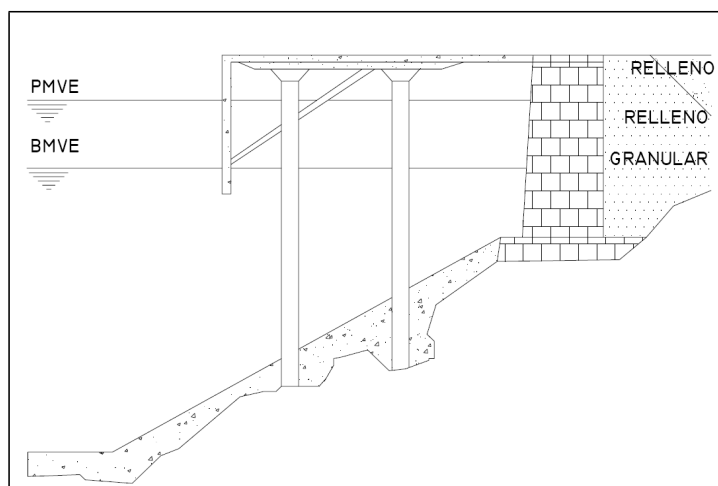


Imagen 14: Sección tipo de un muelle mixto de pilotes y muro de contención

### 3. SOLUCIÓN ADOPTADA Y JUSTIFICACIÓN

Debido a que la profundidad máxima del puerto no va a superar los 6m según batimetría y los 4.5 m según calado máximo de las embarcaciones, las tipologías que más se ajustan a la solución la de bloques prefabricados de hormigón y la de muelles en L, ya que se tienen profundidades pequeñas.

La elección de los bloques prefabricados se detalla de la siguiente manera:

- ✚ **Facilidad constructiva:** Se trata de unas soluciones que no necesitan de técnicas de colocación de hormigón sumergido ni de los medios utilizados habitualmente para la fabricación y botadura de los cajones flotantes (cajoneras). Sin duda se trata de las soluciones técnicamente más sencillas en su ejecución. Es mucho más sencillo que los diques en “L” si no estamos trabajando en seco.
- ✚ **Plazo de ejecución:** Los muelles de bloques prefabricados de hormigón presentan una gran mecanización en su construcción lo que unido al carácter de la prefabricación le da una mayor calidad a la obra. Además al trabajar con bloques prefabricados se pueden simultanear labores y distribuir las óptimamente en el tiempo. Todo lo expuesto con anterioridad redundará, finalmente, en unos menores plazos de ejecución.
- ✚ **Medios de ejecución:** La solución escogida necesita de unos materiales y unos medios mecánicos para su ejecución muy sencillos y al alcance de cualquier empresa constructora. No necesita de procesos técnicamente complejos, ni fuera de lo habitual.
- ✚ **Economía:** De inicio, las soluciones escogidas alcanzan buenos rendimientos y tienen menores costes de ejecución, dada la mecanización del proceso y la sencillez de los medios de ejecución.
- ✚ **Resistencia:** el conjunto de los elementos que forman el muelle son más resistentes frente a acciones exteriores.

Además hay otro factor decisivo que hay que analizar. Se trata de la economía de escala que se en la producción de una serie de unidades de obra para las que son necesarios los mismos materiales de construcción y los mismos medios de ejecución. Estamos hablando de los bloques de hormigón necesarios para el manto resistente del dique, los bloques de hormigón que forman la estructura de los muelles y los



bloques de hormigón que conforman las pilas de los pantalanes.

Todas estas unidades que representan un porcentaje apreciable de la obra comparten una serie de gastos fijos y esto hace que cuantas más unidades se produzcan, menor será el precio unitario. De la reflexión anterior emana la importancia de aprovechar esta economía de escala generada en la construcción de estas unidades de obra y que hace preferibles unas tipologías frente a otras por la influencia en el coste total de la obra que este hecho tiene.





Anejo nº 9-D

## **ESTUDIO DE SOLUCIONES. PANTALANES**

AMPLIACIÓN SUR DEL PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE  
ALCANAR

Autor: Guillermo Fernández Darder

## Índice

1. Introducción tipos de pantalán	51
2. Descripción de los tipos de pantalanés	52
2.1. Pantalanés flotantes	52
2.2. Pantalanés fijos	53
3. Estudio y justificación de la solución adoptada	55

## Índice de imágenes

1. Imagen 1: Pantalán flotante	53
2. Imagen 2: Tipos de pantalanés fijos	54

## **1. INTRODUCCIÓN TIPOS DE PANTALAN**

En el presente anejo se realiza el estudio de soluciones de la Solución Sur de la ampliación del Puerto de Las Casas de Alcanar, en los aspectos referentes a los pantalanes a disponer en la misma.

Los pantalanes, al igual que los muelles, son obras de atraque y amarre de embarcaciones. Están formadas por estructuras tipo muy variables, caracterizándose por lo general en que la longitud es mucho mayor que la anchura, y en que su superficie de almacenamiento es despreciable.

El objetivo de su uso es el optimizar el espejo de agua interior, aumentando el número de embarcaciones a las que se puede acceder de una manera confortable dentro del puerto, ya que proporcionan un mayor perímetro para la línea de atraque. Habrá amarres excepto en la zona de agitación producida por el olaje donde no se permite amarres, el canal de acceso y los espacios necesarios para reviro.

Los materiales que se emplean en la construcción de pantalanes son; hormigón, plásticos, madera y acero.

Hemos de tener en cuenta que en los pantalanes habremos de instalar servicios de agua, energía eléctrica, alumbrado.

Un aspecto a considerar en la distribución de los pantalanes es como van a estar dispuestas las embarcaciones dentro del puerto. En el anejo de Dimensionamiento de amarres, se determina el atraque será por popa con amarre a pilotes o muerto/boya, dado que es el más extendido y el que mejores resultados funcionales y económicos presenta.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE PANTALANES**

### **2.1. PANTALANES FLOTANTES**

Son idóneos para zonas de gran calado, con fondos marinos de muy baja calidad o rocosos o para mareas mayores de 1 m. Hay una gran variedad de tipologías y materiales utilizados en su construcción tradicional: bidones, acero, tubos de asbesto pintado, etc. Sin embargo, actualmente son más habituales soluciones más innovadoras.

No están cimentados al fondo, sino que flotan y mantienen su posición en planta por medio de unos elementos estabilizantes: pilotes o muertos anclados en el fondo. En su funcionamiento el pantalán acompaña al movimiento del nivel del mar permitiendo variaciones del nivel de flotación superiores a 1'2 metros en la mayoría de los casos.

Necesitan de plataformas de acceso a modo de pequeñas rampas que acompañen el movimiento periódico del nivel del mar, cambiando de posición según esta oscilación.

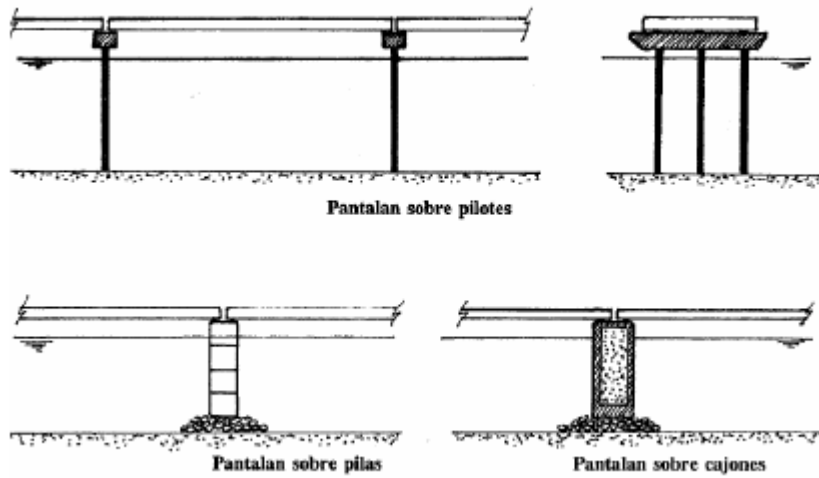
Las propiedades fundamentales que debe reunir un buen pantalán flotante son resistencia, poco peso y flexibilidad. De este modo los costes de instalación serán bajos, el mantenimiento simple y las reparaciones poco frecuentes.



## 2.2. PANTALANES FIJOS

La plataforma del pantalán se apoya en pilas, ya sean estas hormigonadas in situ o a base de elementos prefabricados.

A continuación se muestra una imagen con los distintos tipos de pantalanes fijos:



*Imagen 2: Tipos de pantalanes fijos*

Las ventajas de los pantalanes fijos son:

- + Más rentable a largo plazo, ya que su mantenimiento es tiene menores costes.
- + Son más resistentes
- + Son más durables y más estables que los flotantes, y tienen mayor capacidad de soportar cargas e impactos que los flotantes

### **3. ESTUDIO Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCION ADOPTADA**

Para decidir si se utilizan pantalanés flotantes o fijos hay que estudiar cómo se comportarían en nuestro proyecto en particular. Un punto importante es el que actualmente los pantalanés son fijos y su comportamiento ha sido satisfactorio.

Los pantalanés flotantes son aconsejables para emplazamientos con carrera de marea importante, ya que la diferencia entre el pantalán y el mar se mantiene constante, ofreciendo un mayor cuidado de las embarcaciones a ellos amarradas. Así mismo existe la posibilidad de variar en un futuro la distribución en planta.

Por su parte los pantalanés fijos resultan más baratos, con menores costes de mantenimiento a largo plazo, y más resistentes y durables. Su capacidad de carga y su resistencia a los impactos de las embarcaciones es mayor. La hinca de pilotes es costosa e innecesaria, a no ser que nuestros terrenos fueran muy malos, y no es el caso. Por otra parte, el hormigonado in situ resulta más costoso y más complejo que los bloques prefabricados, debido a que habría que hormigonar debajo del agua. Actualmente, gracias al progreso de las técnicas de ejecución y control de calidad del hormigón, los bloques de hormigón serán los más apropiados. Además, podemos aprovechar las economías de escala debido a que los pantalanés y los muelles son de bloques de hormigón, de manera que podemos emplear los mismos medios humanos y técnicos en parte de la ejecución de diversas unidades de obra.

En conclusión, se opta por pantalanés fijos apoyados sobre pilas (que es la tipología existente) y se propone la prefabricación de las pilas por los ahorros que lleva asociados.

